

Актуальные вопросы обеспечения электромагнитной совместимости

XIII Всероссийская научно-техническая конференция «ЭМС»

Е. Каспарова

XIII ВСЕРОССИЙСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЭМС»

6-7 июня текущего года в Подмоскowie состоялась очередная XIII Всероссийская научно-техническая конференция «ЭМС», организованная АО «ТЕСТПРИБОР» совместно с АО «НПФ «Диполь» и при участии ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению».

В этом году на мероприятии прозвучало 17 докладов. Среди них важное место заняли выступления, касающиеся обеспечения ЭМС транспортных средств, таких как авто- и электромобили, летательные аппараты, а также малые космические аппараты и спутники. Несколько докладов были посвящены вопросам ЭМС при применении военной и специальной техники. Традиционно были представлены сообщения на темы, связанные с организацией и проведением испытаний на

ЭМС и созданием испытательного оборудования. Помимо этого, на конференции обсуждались такие темы, как численное моделирование электромагнитной совместимости, материалы для экранирования, реализация межлабораторных сличений, нормативное регулирование в области ЭМС и др.

Начальник отдела радиоэлектронной защиты, заметности и стойкости авиационной техники АО «Кронштадт» **С. В. Лютаев** в своем докладе рассказал о сложностях,





с которыми сталкиваются производители БПЛА при их испытаниях на ЭМС в условиях полигонов. Радиочастотная обстановка на таких полигонах подчас очень сложная из-за насыщенности излучающими радиоэлектронными средствами (РЭС) и может быстро меняться с течением времени. При этом контроль над работой многих применяемых РЭС, например средств радиоэлектронной борьбы, прикрывающих частные объекты, недостаточен, что усложняет как испытания БПЛА, так и их применение.

Также в докладе была подчеркнута необходимость уделения внимания повышению помехоустойчивости БПЛА. Ускоренный переход к испытаниям и использованию изделий не должен приводить к исключению учета требований радиоэлектронной защиты на ранних стадиях разработки.

В заключение доклада С. В. Лютаев познакомил аудиторию с основной продукцией и некоторыми направлениями развития АО «Кронштадт».

Доклад инженера-конструктора АО «Кронштадт» **Е. А. Кореньковой** был посвящен системам анализа электромагнитной обстановки (ЭМО) с использованием приемных устройств летательного аппарата (ЛА). Было отмечено, что бортовые приемные РЭС и их антенно-фидерные устройства, которые могут быть использованы для анализа ЭМО, как правило, имеют широкий диапазон приема, за счет чего может снизиться их чувствительность. В докладе был предложен способ оптимизации работы систем анализа ЭМО за счет добавления блока обработки сигналов и использования системы когнитивного радио. Среди преимуществ представленного подхода были отмечены высокая чувствительность приемных устройств, возможность самостоятельного принятия решений системой о выборе оптимальных параметров работы комплекса бортового

оборудования (КБО) в зависимости от ЭМО, возможность самостоятельной адаптации КБО к сложной помеховой обстановке, что повышает его эффективность и производительность.

Главный специалист ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» **Д. А. Богаченков** представил доклад о проведении испытаний по параметрам ЭМС автомобилей с низким углеродным следом, таких как гибридные автомобили, электромобили и автомобили на водородных топливных элементах. Докладчик привел подробное описание методов испытаний транспортных средств (ТС) на устойчивость к электромагнитным помехам в соответствии с международными стандартами, а также рассказал о новом комплексе для испытаний на ЭМС ТС категорий М и N, работающих на альтернативных источниках энергии, строительство которого завершается на базе испытательного центра НАМИ. Базовой испытательной площадкой комплекса является полубезэховая экранированная камера, обеспечивающая проведение испытаний различных компонентов и типов ТС, вплоть до крупногабаритных.

Вопросы численного моделирования электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры были рассмотрены в докладе главного специалиста ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» **А. Н. Гетманца**. Докладчик рассказал о новых возможностях по моделированию ЭМС в рамках системы «ЛОГОС», ставших результатом работ по импортозамещению ранее применявшегося российскими разработчиками зарубежного ПО. Были приведены математические модели, применяемые для численного моделирования ЭМС, и обозначены их достоинства и недостатки в приложении к решению различных задач.

Отдельно докладчик указал на то, что современный математический аппарат и программные средства

позволяют получать достаточно качественные результаты моделирования, и призвал уделять большее внимание данному подходу, поскольку, по его словам, в настоящее время ставка делается в основном на натурные испытания.

Главный научный сотрудник ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» **С. С. Грабчиков** познакомил аудиторию с тремя типами поглотителей электромагнитного излучения (ЭМИ) СВЧ-диапазона на основе алюминийсодержащих фольгированных материалов, которые были разработаны и изготовлены в рамках совместного проекта с Белорусским государственным университетом информатики и радиоэлектроники и АО «ТЕСТПРИБОР». Поглотители первого типа содержат неупорядоченно распределенные фрагменты фольгированных материалов и рекомендуются к применению при создании экранированных помещений, а также элементов одежды. Поглотители второго типа содержат упорядоченно распределенные фрагменты фольгированных материалов и являются частотно-селективными в диапазоне частот 0,7–2,0 ГГц. Поглотители третьего типа имеют геометрически неоднородные поверхности, сформированные на основе фольгированных элементов. Поглотители второго и третьего типов представляются разработчикам перспективными для использования, в частности, при изготовлении чехлов для оборудования, чувствительного к воздействию ЭМИ СВЧ-диапазона.

Ведущий инженер НИЦ НИО-10 ФГУП «ВНИИФТРИ» **М. М. Михайлов** выступил с докладом «Оценка соответствия измерительных опорных площадок, применяемых для испытания на ЭМС», который был посвящен

актуальным вопросам разработки средств обеспечения единства измерений характеристик опорных испытательных площадок, применяемых в сфере электромагнитной совместимости. Докладчик рассказал о новом комплексе на базе полубезэховой экранированной камеры, который был построен во ВНИИФТРИ для испытаний продукции на соответствие требованиям действующих стандартов и который станет новой эталонной площадкой для таких испытаний, обеспечивая в том числе возможность инструментальной оценки нормируемых характеристик антенн, применяемых для испытаний на ЭМС, и проведения межлабораторных сличений.

Вопросам организации межлабораторных сличительных испытаний согласно современным стандартам, определяющим требования к испытательным и калибровочным лабораториям, был посвящен доклад руководителя направления ЭМС и радиоизмерений АО «НПФ «Диполь» **А. П. Смирнова**. В данном сообщении был предложен способ организации межлабораторных сличений (МС) при измерениях вносимых искажений в линии питания от технических средств (ТС). Искажения имитировались с помощью программируемого источника питания. Были выполнены МС как в части измерений гармоник питания, появляющихся из-за нелинейности входного импеданса ТС, так и в части измерений нестабильности напряжения и фликкер-шума.

Инженер-испытатель ИЛ ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР» **И. П. Гусев** рассказал об особенностях реализации испытаний на восприимчивость к воздействию радиочастотного электромагнитного поля в реверберационной камере, которая была введена в эксплуатацию в ла-



боратории ЭМС АО «ТЕСТПРИБОР» в прошлом году. При проведении испытаний крупногабаритных устройств наблюдалось уменьшение напряженности электрического поля. Проблема была решена за счет оптимизации длины кабеля, благодаря чему удалось уменьшить потери в тракте передачи мощности от усилителя к излучателю. Также был использован коаксиальный кабель с минимальными потерями. В настоящий момент рабочее место на основе реверберационной камеры полностью укомплектовано необходимым оборудованием.

Испытания стойкости электронной компонентной базы (ЭКБ) к воздействию одиночных импульсов напряжения (ОИН) описал в своем докладе руководитель группы «ИЭП»

АО «ЭНПО СПЭЛС» **К. А. Епифанцев**. Для проведения соответствующих исследований был разработан и изготовлен генератор ОИН, соответствующий по своим параметрам нормативным документам. По словам докладчика, его группой были также разработаны аппаратно-программные средства, позволяющие проводить оценку в автоматическом режиме.

Два доклада были посвящены космической тематике. Один из них представил начальник ИЛ ЭКБ АО «ТЕСТПРИБОР» **А. А. Дудунов**, который проанализировал множество факторов внешней среды, воздействующих на космический аппарат в процессе его эксплуатации и приводящих к накоплению электростатического заряда в его внешнем корпусе. Вследствие сложной геометрии поверхностей корпуса, различия освещенности, возникает неравномерное распределение заряда, что может привести к электростатическим разрядам, мешающим работе приемной аппаратуры. В сообщении были описаны пассивные и активные методы для борьбы с этим эффектом.

Проблемы в области обеспечения ЭМС малых космических аппаратов формата CubeSat были изложены во втором докладе, который представил руководитель отдела «Наземное оборудование» ООО «Спутниковые инновационные космические системы» **А. А. Красотенко**. Докладчик отметил, что, учитывая малые размеры и большое количество аппаратов CubeSat, передавать их испытания на ЭМС на аутсорсинг нецелесообразно, поэтому данные испытания проводятся внутри предприятия с помощью собственного оборудования, включающего в том числе компактную и мобильную безэховую камеру, созданную специалистами компании. Данная



камера сейчас предлагается в том числе как коммерческий продукт на рынке.

Также А. А. Красотенко указал на ряд характерных для формата CubeSat проблем ЭМС, которые успешно решаются компанией. Эти проблемы, в частности, связаны с высокой плотностью компоновки спутников, ограниченностью временных рамок сеансов связи и сложной электромагнитной обстановкой в местах приема сигналов от спутников, взаимным влиянием систем ориентации и связи, а также электронных устройств полезной нагрузки и проч.

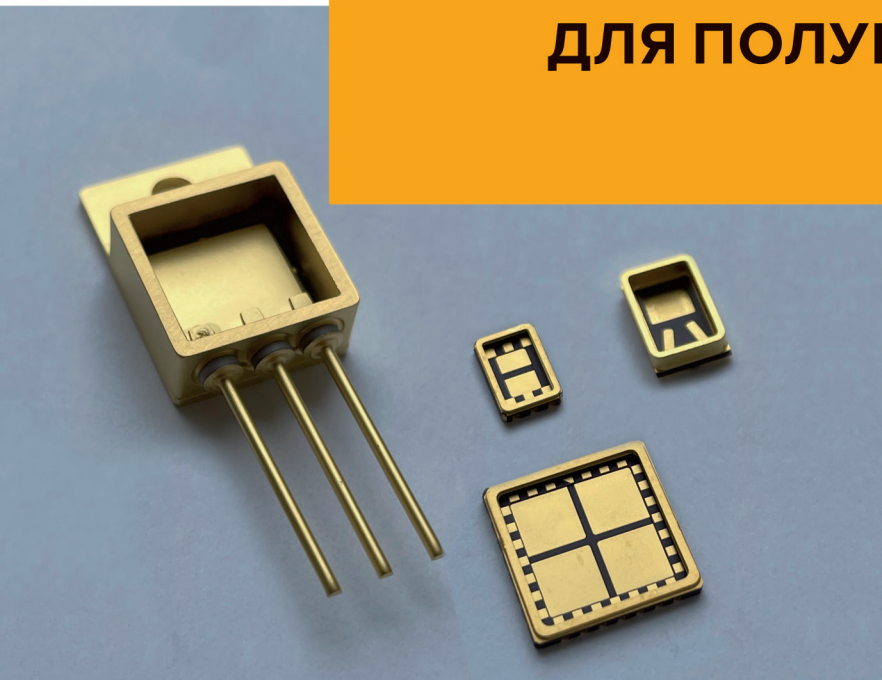
В завершение доклада была приведена информация об успешно выведенных на орбиту и эксплуатируемых в настоящее время малых космических аппаратах компании, таких как спутники автоматической идентификационной системы (АИС) для трекинга морских судов, а также аппарат для дистанционного зондирования Земли.

С макетами космического аппарата ООО «Спутниковые инновационные космические системы» и безэховой камеры, о которой шла речь в докладе, равно как и с другим оборудованием, представленным компаниями – участниками конференции, можно было ознакомиться в рамках демонстрационной части мероприятия.

На конференции были представлены и другие доклады. В завершение мероприятия состоялся круглый стол, в рамках которого в формате открытой дискуссии участники смогли задать друг другу интересные вопросы и более подробно обсудить темы, вызвавшие наибольший интерес.

Проведение XIV Всероссийской научно-технической конференции «ЭМС» планируется во втором квартале 2025 года.

КОРПУСА ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ



АО «ТЕСТПРИБОР» проведена разработка и освоено серийное производство металлокерамических корпусов МК 5228.6-А, МК 5104.28-А, МК КТ-93В-1 и МК КТ-97В-23, являющихся конструктивными аналогами зарубежных корпусов серий LCC6, LCC28, SMD 0,2, TO-254AA.

Данные корпуса могут быть использованы для изготовления дискретных полупроводниковых приборов, в том числе силовых полевых транзисторов.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МК 5228.6-А, МК 5104.28-А, МК КТ-93В-1 И МК КТ-97В-23

Тип	МК 5228.6-А	МК 5104.28-А	МК КТ-93В-1	МК КТ-97В-23
Внешний вид				
Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	6,32×4,42×1,62	11,63×11,63×1,62	8,15×5,65×2,92	13,85×13,85×6,64
Количество выводных площадок (выводов), шт	6	28	3	3
Шаг выводных площадок (выводов), мм	1,27	1,27	3,05	3,81
Количество уровней контактных площадок, шт	1			
Количество монтажных площадок, шт	2	4	1	
Размер монтажных площадок (МП), не менее, мм	2,020×1,335	3,775×3,775	3,050×2,850	9,560×9,060 (МП изолирована)
Глубина монтажного колодца, мм	0,10 ± 0,05	0,10 ± 0,05	0,80 ± 0,10	4,05 ± 0,25
Расстояние от верхнего уровня КП до внутренней поверхности крышки, не менее, мм	0,45	0,45	1,15	2,14
Показатель герметичности корпуса по эквивалентному нормализованному потоку, Па.смЗ/с (л·мкм рт. ст./с)	6,65·10 ⁻³ (5·10 ⁻⁵)			
Покрывание металлических частей и металлизированных поверхностей основания корпуса	Н23л.1,5			
Покрывание крышки	Хим.НЗ			
Сопротивление изоляции, Ом	10 ⁹			
Электрическая прочность изоляции, В	200			500
Способ герметизации	Шовная контактная сварка			



125480, МОСКВА,
УЛ. ПЛАНЕРНАЯ, Д. 7А

8 (495) 657-87-37

TP@TEST-EXPERT.RU

WWW.TEST-EXPERT.RU

Также специалистами АО «ТЕСТПРИБОР» разработаны безвыводные металлокерамические СВЧ корпуса типа CQFN с рабочей частотой до 40 ГГц.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРПУСОВ ТИПА CQFN		
Тип	CQFN16	CQFN20
Внешний вид		
Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	5,1×5,1×1,48	6,1×6,1×1,46
Количество выводных площадок (выводов), шт	16	20
Шаг выводных площадок (выводов), мм	1,65	1,65
Количество уровней контактных площадок, шт	1	1
Количество монтажных площадок, шт	1	1
Размер монтажных площадок, не менее, мм	1,87×1,87	2,87×2,87
Глубина монтажного колодца, мм	0,21	0,42
Расстояние от верхнего уровня КП до внутренней поверхности крышки, не менее, мм	0,39	0,39
Материал МП	МД30	
Показатель герметичности корпуса по эквивалентному нормализованному потоку, Па.смЗ/с (л-мкм рт. ст./с)	6,65·10 ⁻³ (5·10 ⁻⁵)	
Покрывание металлических частей и металлизированных поверхностей оснований корпуса и крышки	Н23л.1	
Сопротивление изоляции, Ом	10 ⁹	
Электрическая прочность изоляции, В	200	
Способ герметизации	Пайка	

Проведена разработка и изготовление металлокерамических корпусов 4190.4-2 К, 4001.2-2 К, 4117.6-5 К для сборки полупроводниковых приборов, в том числе транзисторов и диодов.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРПУСОВ 4190.4-2 К, 4001.2-2 К, 4117.6-5 К			
Тип	4190.4-2 К	4001.2-2 К	4117.6-5 К
Внешний вид			
Габаритные размеры тела корпуса, не более, мм	5,0×6,0×2,50	5,0×5,0×2,41	12,0×14,0×4,2
Количество выводов, шт	4	2	6
Шаг выводов, мм	2,5	2,5	5,0
Количество уровней контактных площадок, шт	2	1	1
Количество монтажных площадок, шт	1	1	2
Размер монтажных площадок, не менее, мм	1,95×3,95	1,0×1,8	4,0×4,0
Глубина монтажного колодца, мм	0,40 ± 0,05	-	-
Расстояние от верхнего уровня КП до внутренней поверхности крышки, не менее, мм	0,85	0,59	1,0
Показатель герметичности корпуса по эквивалентному нормализованному потоку, Па.смЗ/с (л-мкм рт. ст./с)	6,65·10 ⁻³ (5·10 ⁻⁵)		
Покрывание металлических частей и металлизированных поверхностей оснований корпуса и крышки	Н33л.3		
Сопротивление изоляции, Ом	10 ⁹		
Электрическая прочность изоляции, В	200		
Материал крышки	29НК	ВК-94	
Способ герметизации	Шовная контактная сварка	Приклейка	